

SISTEM SUMBER TEGANGAN KONSTAN TERPROGRAM BERBASIS MIKROKONTROLER 80C31

Dyah Lestari*

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sumber tegangan sejenis yang sudah ada dengan memperbaiki kelemahan dalam hal kestabilan, menambahkan fasilitas yang akan mempermudah pemakai dengan kemampuan terprogramnya yaitu *keypad* dan tampilan *seven segment*. Metode yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini adalah: (1) menentukan spesifikasi alat; (2) membuat blok diagram perangkat keras; (3) merealisasikan rangkaian; (4) membuat diagram alir perangkat lunak; (5) membuat program dengan MCS-51; (6) melakukan pengujian perangkat keras, perangkat lunak, serta gabungan perangkat keras dan perangkat lunak; (7) dan menganalisis data hasil pengujian dengan uji t berpasangan 2 ekor dan uji linieritas. Subjek uji coba adalah alat yang dibuat. Hasil analisis memperlihatkan bahwa spesifikasi alat yang dibuat adalah: (1) *keypad* dapat digunakan untuk memasukkan data; (2) *seven segment* dapat menampilkan tegangan masukan; (3) tegangan keluaran tanpa beban stabil dan sama pada jangkauan 1,70V – 12,75V, sedangkan untuk jangkauan 0V – 1,65V tegangan luaran tidak sama dengan tegangan masukan; (4) tegangan luaran dengan beban tidak sama dengan tegangan masukan, kecuali untuk tegangan 1,55V dan 1,60V; dan (5) kenaikan tegangan luaran sebesar 0,05V.

Kata kunci: tegangan konstan, *keypad*, mikrokontroler

Komponen yang cukup penting dalam pelayanan penyaluran tenaga listrik kepada konsumen adalah sumber tegangan. Tegangan yang stabil atau konstan merupakan syarat yang harus dipenuhi keberadaannya. Sering dijumpai peralatan elektronika yang rusak akibat tidak terpenuhinya persyaratan tersebut, yaitu sumber tegangan yang naikturun tegangannya. Untuk sumber tegangan yang keluarannya dapat diatur, tidak stabilnya tegangan merupakan salah satu masalah, padahal kestabilan sumber tegangan dc mutlak diperlukan untuk mengurangi kerusakan komponen atau peralatan elektronika, khususnya dalam penggunaannya di laboratorium.

Alat yang akan dirancang ini merupakan pengembangan dari alat sejenis yang sudah ada. Keperluan untuk membuat sumber tegangan yang dapat diatur tegangan luarannya sekaligus mempunyai tegangan yang konstan

dengan penambahan fasilitas lain yang akan mempermudah pemakai. Dengan kemampuan dapat diprogram, mempunyai tampilan dan tegangan yang konstan, diharapkan alat ini dapat memberikan alternatif pemecahan masalah tidak stabilnya sumber tegangan yang dapat menimbulkan kerusakan komponen/peralatan elektronika.

Secara umum, cara kerja alat adalah sebagai berikut: sumber tegangan dimasukkan melalui *keypad* untuk diolah dan diproses di dalam sistem mikrokontroler 80C31. Tegangan yang diinginkan (berupa data digital) kemudian dikonver-sikan ke analog dengan *Digital-to-Analog Converter*, dan dikuatkan oleh *op-amp* untuk memperoleh tegangan yang sesungguhnya. Tegangan luaran juga ditampilkan pada *seven segment* sehingga mempermudah pemakai.

Komponen utama yang digunakan dalam pembuatan alat ini

*Dyah Lestari adalah Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

adalah mikrokontroler dan DAC0808. Mikrokontroler 80C31 merupakan salah satu anggota keluarga MCS-51 yang diproduksi oleh Intel dan berorientasi pada kontrol (*microcontroller*). Mikrokontroler 80C31 juga merupakan salah satu versi mikrokontroler 8051 yang tidak memiliki memori program internal, sehingga dibutuhkan memori program eksternal untuk penempatan program (Intel Corporation, 1989: 5-3). Sedangkan DAC (*Digital-to-Analog Converter*) adalah sebuah komponen yang mengonversi dari biner (*binary word*) ke arus atau tegangan analog yang sesuai (Hall, 1986:322).

Masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) bagaimana menerjemahkan tegangan yang dimasukkan lewat *keypad* menjadi kombinasi biner?; (2) bagaimana mengeluarkan kombinasi biner menjadi tegangan luaran yang diinginkan?; dan (3) bagaimana menampilkan tegangan luaran ke dalam penampil *seven segment*?

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah: (1) memperoleh kombinasi biner dari tegangan yang dimasukkan lewat *keypad*; (2) memperoleh tegangan yang diinginkan dari kombinasi biner; dan (3) menampilkan tegangan luaran pada penampil *seven segment*.

Dengan mengacu pada permasalahan yang ada, maka ditentukan spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut: (1) tegangan masukan dimasukkan melalui *keypad* 3x4; (2) Range tegangan luaran 0 V sampai 12 V dc; (3) Tegangan dapat diatur dalam 240 tingkat; (4) kenaikan tegangan luaran 0,05 V; dan (5) tegangan referensi yang digunakan adalah 5V.

Secara khusus, alat yang dihasilkan berguna untuk: (1) dipergunakan di laboratorium,

khususnya di laboratorium Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang, untuk mengurangi kerusakan komponen/peralatan elektronika; dan (2) mempermudah pemakai alat, karena adanya fasilitas-fasilitas yang telah disediakan pada alat ini, sehingga pemakai dapat bekerja secara aman dan nyaman. Secara umum, penelitian ini dapat digunakan: (1) oleh peneliti, dosen serta mahasiswa sebagai acuan untuk mempelajari dan mengembangkan sistem yang lain; (2) sebagai acuan untuk mengaplikasikan beberapa mata kuliah yang ada di Jurusan Teknik Elektro, antara lain rangkaian listrik, elektronika analog, elektronika digital, sistem mikro-prosesor, aplikasi sistem mikroprosesor, serta pemrograman komputer.

Mikrokontroler 80C31 merupakan salah satu anggota keluarga MCS-51 yang diproduksi oleh Intel dan berorientasi pada kontrol. Intel mengklasifikasikan keluarga MCS-51 dalam kelompok *embedded microcontroller*, yaitu mikrokontroler yang dapat diprogram ulang (*reprogrammable*).

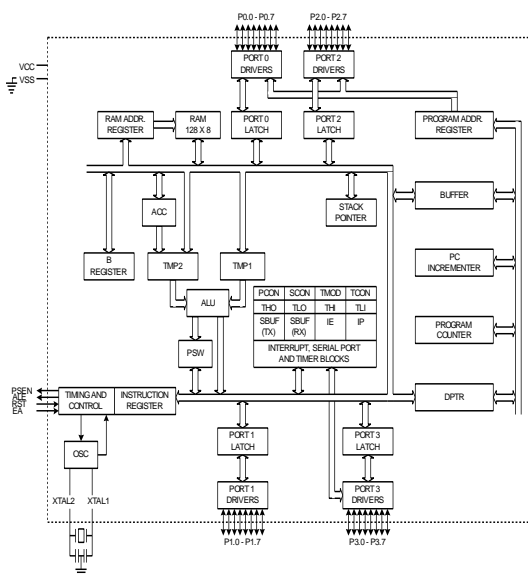
Mikrokontroler 80C31 merupakan salah satu versi mikrokontroler 8051 yang tidak memiliki memori program internal, sehingga dibutuhkan memori program eksternal untuk penempatan program.

Secara umum keistimewaan yang dimiliki oleh mikrokontroler 80C31 adalah (Intel Corporation, 1989: 5-3):

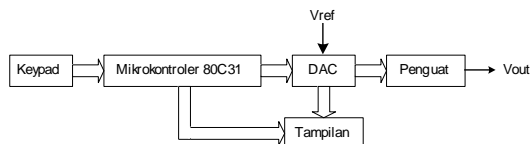
- CPU dengan lebar data 8-bit untuk aplikasi kontrol
- RAM sebesar 128 *byte* untuk memori data
- Kapasitas memori program sebesar 64 *kbyte*
- Kapasitas memori data sebesar 64 *kbyte*
- Tiga puluh dua *port* masukan/luaran dan setiap jalur dapat dialamati

- Dua pencacah (*counter*)/pewaktu (*timer*)16-bit
- Pemrosesan *Boolean* untuk aplikasi kontrol
- Lima jalur selaan (*interrupt*) dengan dua tingkat prioritas yang dapat diprogram
- UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) full duplex
- Osilator yang terdapat di dalam chip

Gambar 1 memperlihatkan diagram blok mikrokontroler 80C31. Mikrokontroler ini merupakan kombinasi dari unit pemroses pusat (*Central Pro-cessing Unit*), memori data berupa RAM, *port* masukan atau luaran, mode status, dan register data. Unit pemroses pusat terdiri dari 8-bit *Arithmetic Logic Unit*, register B, *Program Status Word-PSW*, *Stack Pointer-SP*, *Program Counter-PC* dan *Data Pointer-DP*. Masing-masing elemen ini berkomunikasi melalui 8-bit bus data internal. Jalur masukan/luaran menyangga bus data ini bila hendak berhubungan dengan rangkaian di luar mikrokontroler.



prosedural, yaitu model yang bersifat deskriptif, di mana untuk menghasilkan sebuah sistem sumber tegangan konstan terprogram berbasis mikrokontroler 80C31, ada langkah-langkah yang harus dilakukan secara berurutan.



Gambar 3. Diagram blok perangkat keras sistem sumber tegangan konstan terprogram berbasis mikrokontroler 80C31

Langkah-langkah prosedural yang akan dilakukan untuk menghasilkan alat ini adalah sebagai berikut: (1) menentukan spesifikasi sistem sumber tegangan terprogram berbasis mikrokontroler 80C31; (2) membuat diagram blok perangkat keras alat seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3 (3) merealisasikan diagram blok menjadi rangkaian yang sesungguhnya berdasarkan pada literatur yang dipergunakan; (4) merakit komponen pada PCB; (5) membuat diagram alir perangkat lunak seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4; (6) merealisasikan diagram alir menjadi perangkat lunak yang sesungguhnya untuk mengendalikan sistem.

Rangkaian yang dibuat yaitu keypad, DAC, penguat, dan penampil. Keypad yang digunakan adalah keypad matriks X-Y. Hubungan matriks merupakan hubungan yang paling efisien dimana keypad terdiri dari n baris (X) dan n kolom (Y) sehingga membentuk n^2 key. Keypad matriks dideteksi dengan cara memberikan 0 (LOW) ke baris X dan mendeteksi 0 (LOW) pada kolom Y untuk mengidentifikasi setiap key dalam matrik Pemayaran X-Y dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian pemayar keypad atau dengan menggunakan port mikrokontroler

dengan kontrol pro-gram (Ayala, 1991: 135). Untuk pendeteksi key, maka sisi baris keypad dihubungkan dengan P1.0-P1.3, sedang kan sisi kolom dihubungkan dengan P1.4-P1.6 mikrokontroler.

DAC yang digunakan adalah DAC0808 yang merupakan DAC 8-bit yang dapat diantarmukakan secara langsung dengan IC TTL maupun CMOS. Rangkaian aplikasi tipikal untuk DAC 0808 (National Semiconductor Corporation, 1995:8-126) digunakan dalam perancangan ini dengan menghubungkan masukan DAC pada PA_0 - PA_7 PPI 8255. Tegangan luaran DAC0808 dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$V_{out} = V_{ref} \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

Tegangan luaran dari DAC harus diperkuat hingga sekitar 12 V dengan menggunakan penguat operasional 741. Tiga buah transistor di belakang penguat operasional 741 berfungsi untuk memperkuat arus luaran pada tegangan luaran (Link, 1990: 130)

Penampil yang digunakan adalah seven segment common anode sebanyak 4 buah dan untuk pengkode BCD ke seven segment digunakan IC 7447 (Kleitz, 1987: 315, Texas Instruments Incorporation, 1988: 2-175). Untuk menampilkan angka XX,XX pada keempat seven segment ini, digunakan metode multipleks dimana hanya pada satu seven segment yang menyala pada satu saat.. Akan tetapi, karena perpindahan kontrol antara 1 seven segment dengan 1 seven segment lainnya berlangsung sangat cepat, maka seakanakan 4 seven segment tersebut menyala secara bersamaan (Malik dan Anistardi, 1997: 103). PB_0 - PB_3 PPI 8255 dihubungkan ke masukan A,B,C dan D pada IC 7447, sedangkan kontrol untuk

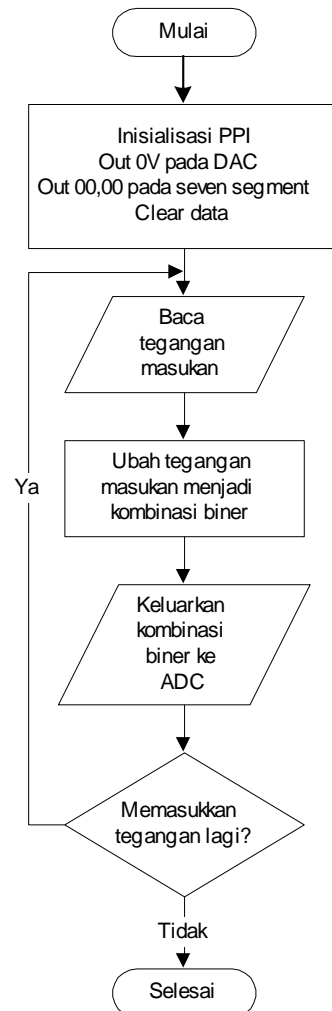
masing-masing *seven segment* diambil dari PB₄-PB₇.

Diagram alir perangkat lunak dalam Gambar 4 dapat dijelaskan sebagai berikut: (1) program dimulai dengan inisialisasi PPI 8255, mengeluarkan 0V pada DAC, mengeluarkan angka 00,00 pada penampil *seven segment*, serta membersihkan data tegangan; (2) langkah berikutnya adalah memasukkan tegangan masukan melalui *keypad*; (3) tegangan masukan tersebut oleh mikrokontroler 80C31 diubah menjadi kombinasi biner yang sesuai untuk dikeluarkan ke DAC0808 yang akan mengubahnya menjadi tegangan analog; dan (4) setelah tegangan keluar, mikrokontroler terus mengecek apakah pemakai ingin memasukkan tegangan yang lain. Jika ya, maka mikrokontroler 80C31 akan membaca data tegangan masukan untuk dikeluarkan ke DAC, dan seterusnya atau jika tidak, maka program akan selesai dan pemakai boleh mematikan alat tersebut.

Untuk mengetahui sejauh mana alat yang dibuat telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan, maka dilakukan pengujian perangkat keras 80C31 (Ayala, 1991: 107-108, Malik dan Anistardi, 1997: 95-99), pengujian perangkat lunak (Hall, 1983: 304-305, Malik dan Anistardi, 1997: 103-104), dan pengujian alat secara keseluruhan, yaitu menguji gabungan perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik dan sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Subjek uji coba adalah alat yang telah dihasilkan, yaitu sistem sumber tegangan konstan terprogram berbasis mikrokontroler 80C31.

Data yang diambil dalam uji coba produk ini adalah tegangan luaran akhir untuk mengetahui apakah luaran yang dihasilkan oleh alat tersebut sudah sesuai

dengan masukannya dan untuk menetapkan karakteristik tegangan luaran terhadap tegangan masukan dan resolusi tegangan luaran.



Gambar 4. Diagram alir perangkat lunak

Data yang diambil dalam uji coba produk ini adalah tegangan luaran akhir untuk mengetahui apakah luaran yang dihasilkan oleh alat tersebut sudah sesuai dengan masukannya dan untuk menetapkan karakteristik tegangan luaran terhadap tegangan masukan dan resolusi tegangan luaran.

Instrumen yang dipergunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah komputer AT, multimeter digital, *logic probe*, *universal eprom emulator*, dan alat yang dihasilkan, yaitu sistem sumber tegangan

konstan terprogram berbasis mikrokontroler 80C31.

Data yang diperoleh dari uji coba dianalisis secara deskriptif. Analisis statistik yang digunakan adalah: (1) uji beda (uji t berpasangan 2 ekor) antara tegangan masukan dari keypad dan tegangan luaran penguat untuk memperoleh karakteristik tegangan luaran terhadap tegangan masukan; dan (2) uji kelinieran (analisis varian dari regresi linier) pada tegangan luaran penguat sebagai fungsi tegangan masukan, sekaligus untuk mengetahui pengaruh tegangan masukan terhadap tegangan luaran.

Pengujian tegangan luaran akhir dilakukan dengan memberikan tegangan masukan melalui *keypad* untuk memperoleh tegangan luaran akhir yang diambil pada penguat daya. Tegangan yang diukur merupakan tegangan luaran tanpa beban dan tegangan luaran dengan beban resistor 1M Ω .

HASIL

Tabel 1 memperlihatkan ringkasan hasil uji beda tegangan luaran akhir tanpa beban dan tegangan masukan. Hasil uji beda dengan uji t berpasangan 2 ekor memberikan kesimpulan bahwa untuk tegangan 0V – 1,65V, tegangan masukan dan rata-rata tegangan luaran akhir tanpa beban adalah tidak sama atau berbeda secara nyata, sedangkan untuk tegangan 1,70V – 12,75V, tegangan masukan dan rata-rata tegangan luaran akhir adalah sama atau tidak berbeda secara nyata.

Tabel 1. Ringkasan hasil uji beda tegangan luaran akhir tanpa beban dengan tegangan masukan

Vin (V)	Vout tanpa beban (V)	Keputusan
0,000 – 1,650	0,314 – 1,660	H0 ditolak
1,700 – 1,950	1,708 – 1,954	H0 diterima
2,000 – 12,750	2,003 – 12,744	H0 diterima

Tabel 2. Ringkasan hasil uji beda tegangan luaran akhir dengan beban dengan tegangan masukan

Vin (V)	Vout dengan beban (V)	Keputusan
0,000 – 1,500	0,294 – 1,5140	H0 ditolak
1,550 – 1,600	1,554 – 1,602	H0 diterima
1,650 – 1,950	1,640 – 1,934	H0 ditolak
2,000 – 12,750	1,984 – 12,725	H0 ditolak

Tabel 2 memperlihatkan ringkasan hasil uji beda tegangan luaran akhir dengan beban dan tegangan masukan. Hasil uji beda dengan uji t berpasangan 2 ekor memberikan kesimpulan bahwa untuk tegangan 0V – 1,50V dan tegangan 1,65V – 12,75V, tegangan masukan dan rata-rata tegangan luaran akhir dengan beban adalah tidak sama atau berbeda secara nyata, sedangkan untuk tegangan 1,55V dan 1,60V, tegangan masukan dan rata-rata tegangan luaran akhir adalah sama atau tidak berbeda secara nyata.

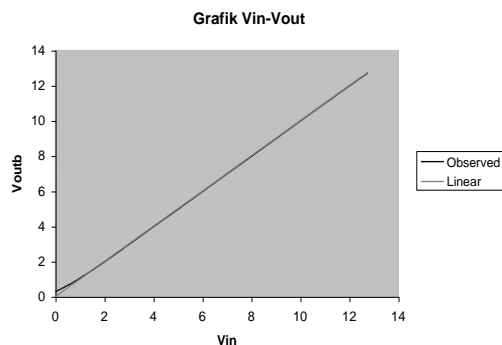
Untuk mengetahui kelinieran tegangan luaran akhir dengan beban sebagai fungsi tegangan masukan dilakukan uji kelinieran dengan analisis varian dari regresi linier. Hasil analisis statistik uji kelinieran tegangan masukan dan tegangan luaran akhir dengan beban dapat dilihat dalam analisis anova dalam Tabel 3. Karena F hitung (88334,74618) > 8,29 dan $\beta \neq 0$ ($\beta = 0,999717$) maka H0 ditolak, yang artinya tegangan masukan dan tegangan luaran akhir cenderung mempunyai hubungan yang linier. Nilai r^2 adalah 0,99943 berarti 99,943% tegangan luaran akhir dipengaruhi oleh tegangan masukan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

Tabel 3. Hasil analisis varian dari regresi linier untuk mengetahui kelinieran tegangan luaran akhir dengan beban sebagai fungsi tegangan masukan.

Listwise Deletion of Missing Data	
Multiple R	,99972
R Square	,99943
Adjusted R Square	,99942
Standard Error	,07846

Analysis of Variance:				
	DF	Sum of Squares	Mean Square	
Regression	1	543,82463	543,82463	
Residuals	50	,30782	,00616	
F =	88334,74618	Signif F =	,0000	
----- Variables in the Equation -----				
Variable	B	SE B	Beta	T
VOUTB	1,012093	,003405	,999717	297,212
(Const)	-,094560	,013899		-6,803
Sig T:	,0000			

Hubungan antara tegangan masukan dan tegangan luaran akhir beserta garis liniernya diperlihatkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Vin-Vout dengan beban pada alat yang dibuat

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis statistik yang telah digunakan, untuk masing-masing pengujian dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tegangan luaran akhir diharapkan mempunyai nilai yang sama dengan tegangan masukan melalui keypad. Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa jika alat yang dibuat tidak diberi beban, maka tegangan luaran akhir akan sama dengan tegangan masukan pada tegangan masukan $\geq 1,70V$. Jika alat yang dibuat diberi beban, maka hampir di semua jangkauan tegangan, kecuali 1,55V dan 1,60V, tegangan luaran akhir secara statistik berbeda dengan tegangan masukan.

Perhitungan rata-rata standar deviasi adalah 0,034462.

Pengujian linieritas menunjukkan hasil bahwa tegangan masukan dan tegangan luaran akhir cenderung mempunyai hubungan yang linier, dimana 99,943% tegangan luaran akhir dipengaruhi oleh tegangan masukan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor lain yang bisa menyebabkan tegangan luaran akhir tidak sama dengan tegangan masukan adalah karakteristik (diantaranya tegangan jatuh) transistor daya, tegangan catu, ketelitian voltmeter, dan pengaturan *offset null* dan penguatan op-amp.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa alat yang dibuat mempunyai spesifikasi sebagai berikut: (1) tegangan luaran akhir tanpa beban sama dengan tegangan masukan pada tegangan masukan $\geq 1,70V$ dengan perbedaan rata-rata 0,079519; (2) tegangan luaran akhir dengan beban tidak sama dengan tegangan masukan, kecuali untuk tegangan masukan 1,55V dan 1,60V, dengan perbedaan rata-rata 0,071115; (3) range tegangan luaran 1,70V sampai 12,75 V dc; dan (4) kenaikan tegangan luaran 0,05 V.

Dari segi fungsi, dengan digunakannya keypad, maka tegangan luaran yang diinginkan dapat dengan mudah diperoleh hanya dengan memasukkan angka melalui keypad tersebut. Tegangan luaran tanpa beban cenderung stabil, hanya untuk tegangan 0V – 1,65V nilainya berbeda dengan tegangan masukan yang diinginkan. Tegangan luaran dengan beban juga cenderung stabil, hanya nilainya berbeda dengan tegangan masukan yang diinginkan.

Karena pemberian beban mempengaruhi alat, maka perlu

dipikirkan bagaimana membuat alat sejenis dengan kemampuan arus yang lebih besar sehingga mengurangi ketergantungan alat terhadap beban. Selisih tegangan, terutama pada tegangan masukan $< 1,70\text{V}$ dapat diperkecil dengan mencari transistor dengan karakteristik tegangan jatuh yang sama untuk setiap tegangan basis dan lebih teliti lagi dalam melakukan pengaturan *offset null* dan penguatan pada op-amp. *Offset null* ini sangat berpengaruh pada ketelitian alat yang dibuat, oleh karena itu perlu dipikirkan bagaimana cara mengurangi pengaruh efek tegangan jatuh dan karakteristik transistor pada tegangan luaran sehingga ketergantungan tegangan luaran pada *offset null* juga berkurang dan tegangan luaran yang diperoleh sama dengan tegangan masukan.

Alat ini dapat dipergunakan untuk aplikasi yang memerlukan sumber tegangan yang tidak sama dalam setiap operasinya (bergantung pada keperluan) serta aplikasi yang memerlukan kenaikan sumber tegangan yang kecil (misalnya praktikum). Selain itu alat ini dapat digunakan untuk mencatu IC berdaya rendah (menggunakan catu daya $1,8\text{ V} - 3,3\text{ V}$) yang sekarang sedang dikembangkan. Dengan adanya alat ini, pemakai tidak perlu mengeset tegangan berkali-kali dengan *voltmeter* untuk mengetahui besarnya tegangan, tetapi cukup hanya dengan menekan keypad untuk memasukkan tegangan yang diinginkan.

Karena adanya keterbatasan spesifikasi komponen op-amp, alat yang dibuat hanya bisa mengeluarkan tegangan maksimum $12,75\text{ volt}$, oleh karena itu perlu dipikirkan juga bagaimana membuat sumber tegangan dengan range tegangan dc dan kemampuan arus yang lebih besar sehingga aplikasinya lebih luas.

Dalam pembuatan alat ini, hal yang paling sulit untuk dilakukan adalah pengesetan *offset null* dan penguatan op-amp untuk mengurangi efek tegangan jatuh pada transistor penguat daya. *Offset null* ini sangat berpengaruh pada ketelitian alat yang dibuat, oleh karena itu perlu dipikirkan bagaimana cara mengurangi pengaruh efek tegangan jatuh transistor pada tegangan luaran sehingga ketergantungan tegangan luaran pada *offset null* juga berkurang dan tegangan luaran yang diperoleh sama dengan tegangan masukan.

Karena adanya keterbatasan spesifikasi komponen op-amp, alat yang dibuat hanya bisa mengeluarkan tegangan maksimum $12,75\text{ volt}$, oleh karena itu perlu dipikirkan juga bagaimana membuat sumber tegangan dengan range tegangan dc dan kemampuan arus yang lebih besar sehingga aplikasinya lebih luas.

DAFTAR RUJUKAN

- Ayala, Kenneth J.. 1991. *The 8051 Microcontroller: Architecture, Programming, and Applications*. USA: West Publishing Company.
- Hall, Douglas V.. 1983. *Microprocessor and Digital Systems*. USA: McGraw-Hill, Inc.
- Hall, Douglas V.. 1986. *Microprocessors and Interfacing: Programming and Hardware*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.
- Intel Corporation. 1989. *MCS-51 Microcomputer User Manual*. Santa Clara: Intel Corporation.
- Link, Wolfgang. 1990. *Pengukuran, Pengendalian, dan Pengaturan dengan PC*. Terjemahan oleh Margunadi. 1993. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Malik, Moh. Ibnu dan Anistardi. 1997. *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.